



Caractérisation géophysique de la teneur en eau du sous-sol

Water content characterization based on geophysical methods

50 ans de l'ADRGT



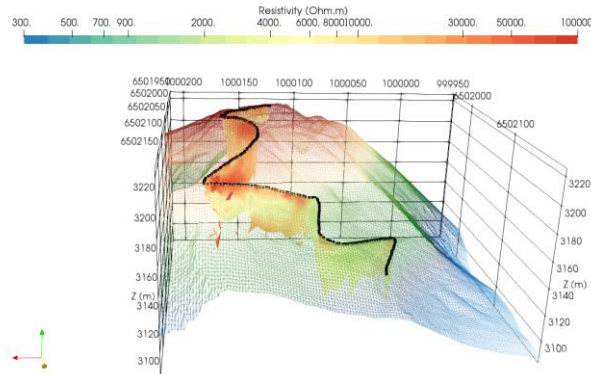
Aurore Carrier ^{1,2}

¹Association pour le Développement des Recherches sur les Glissements de Terrain (ADRGT), 2 rue de la Condamine, 38610 Gières, France.

²SAGE Ingénierie, 2 rue de la Condamine, 38610 Gières, France.



1. **Caractérisation des circulations de fluides dans les mouvements de terrain**
2. **Identification et caractérisation du permafrost de montagne**
3. **Teneur en eau, endommagement application à la géotechnique**



Les Arcs (73)



Montgombert (73)



PROBLEMATIQUE ET APPROCHE ENVISAGEE

- **Mouvements gravitaires** : enjeux économiques et humains parfois importants
 - Eau = facteur déclenchant
 - Identification des volumes impliqués
- => **Géométrie et circulations** d'eau à l'échelle de l'objet et dans l'espace **3D/4D**
- => **Points clés** zones perméables/imperméables (argiles, éléments fins ...)




Montgombert (73)



Montgombert (73), Janvier 2018



Exemple 3: Limon argileux sur sable saturé

		Électrique	Sismique
0m			
	Limon argileux	$20 < \rho < 100 \text{ Ohm.m}$	$800 < V_p < 1500 \text{ m/s}$
4m			
	Sable saturé	$20 < \rho < 100 \text{ Ohm.m}$	$800 < V_p < 1500 \text{ m/s}$
12m			
	Contraste	✘	✘

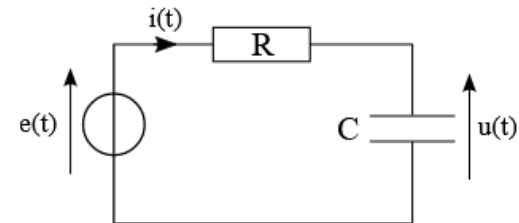
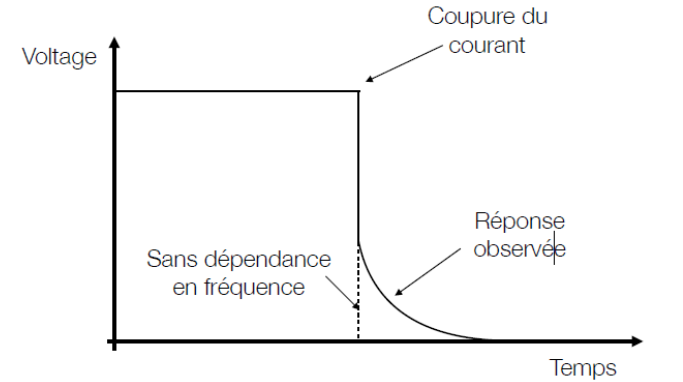
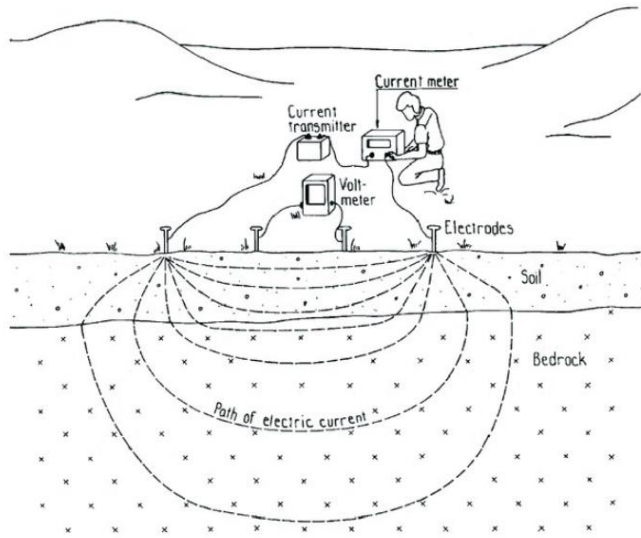
ZUT ALORS!



Polarisation Provoquée : 2 observables en plus !

Chargeabilité et Constante de temps de relaxation





On appelle chargeabilité la capacité d'un matériau de subsurface à stocker de manière réversible des charges électriques (propriété capacitive)



JANVIER 2018

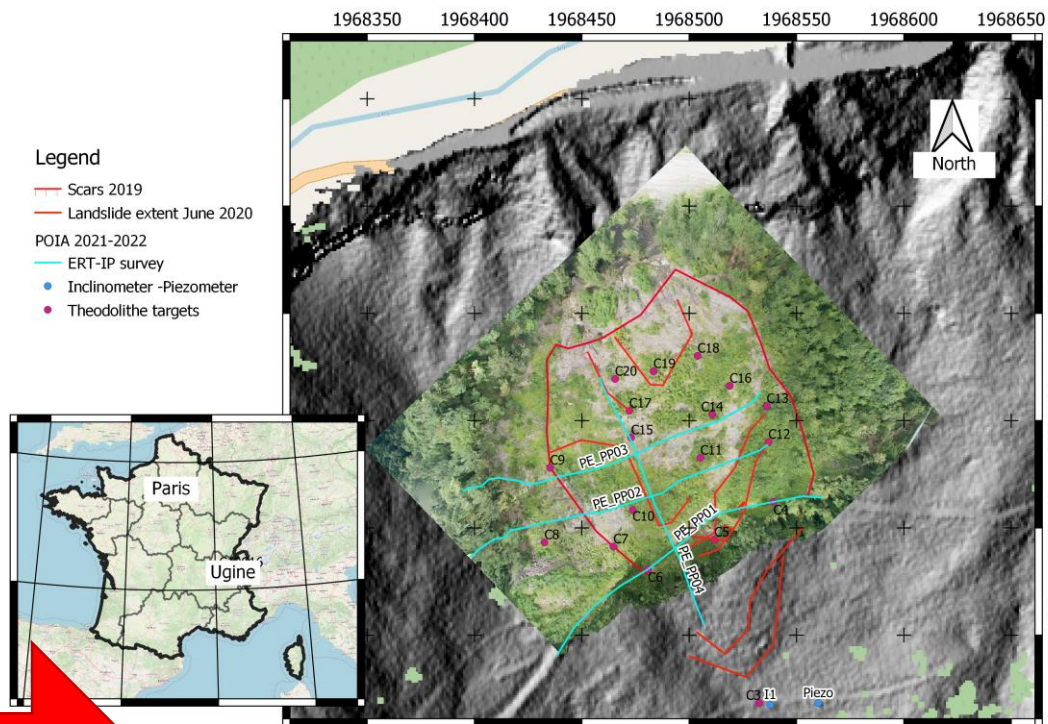


Matériel
de surveillance
Suivi optique



Glissement de terrain de MontGombert

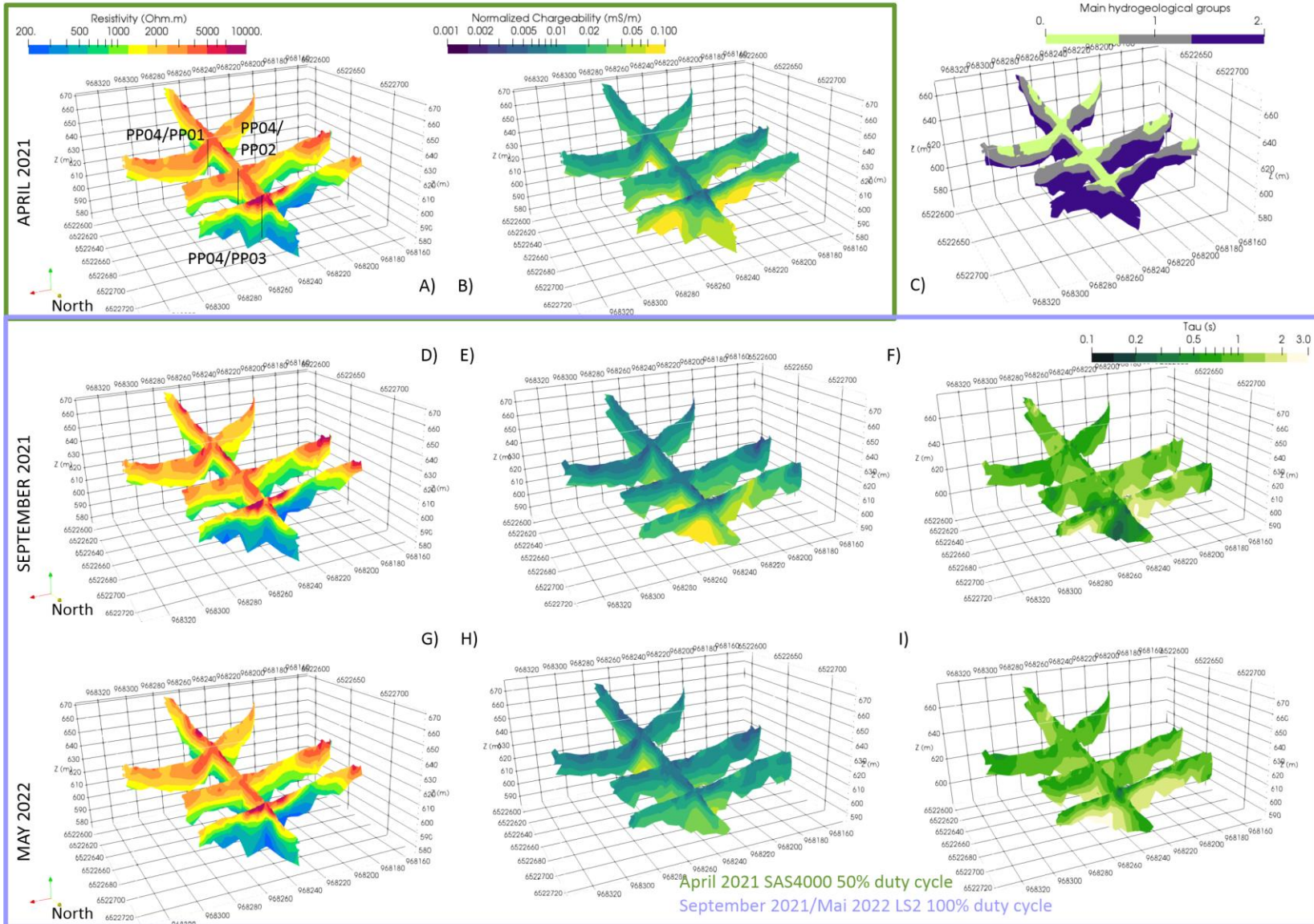
- schistes
- définir des unités hydrogéologiques principales
- Variations temporelles ?



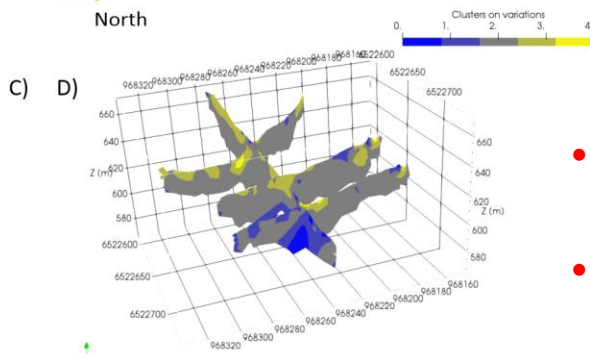
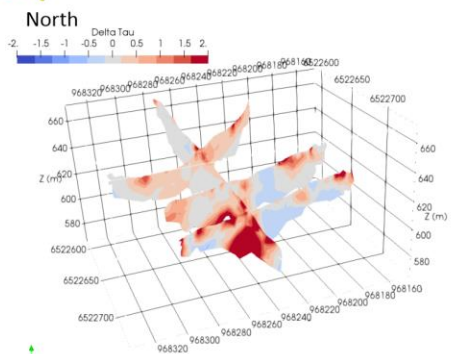
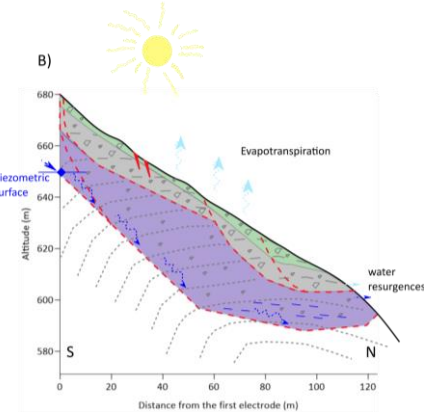
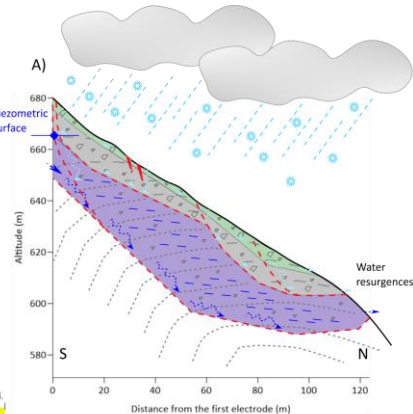
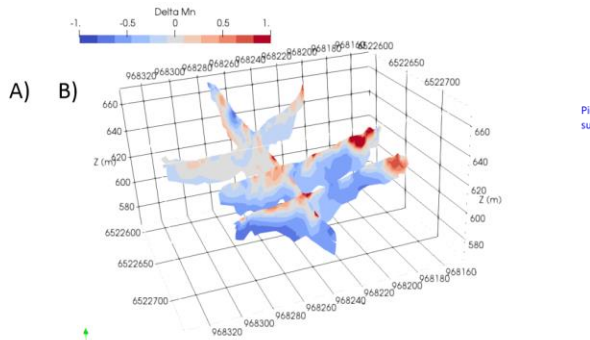
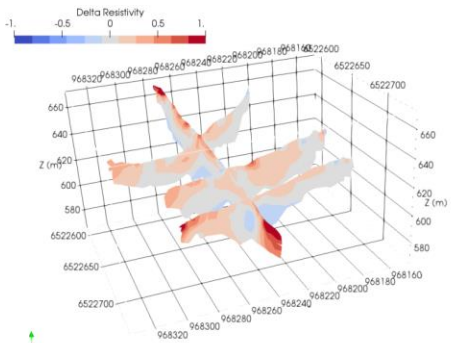
POIA *Miroir* glissements de terrain (2020-2022) – BRGM et parc régional du Queyras



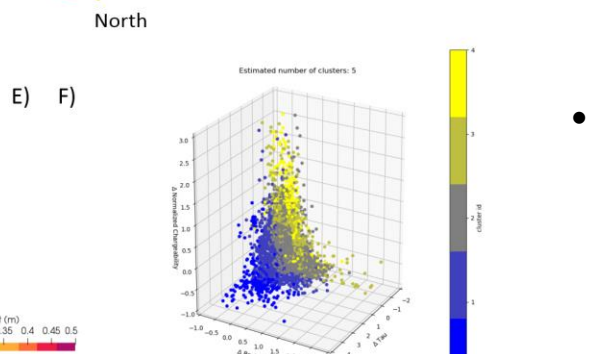
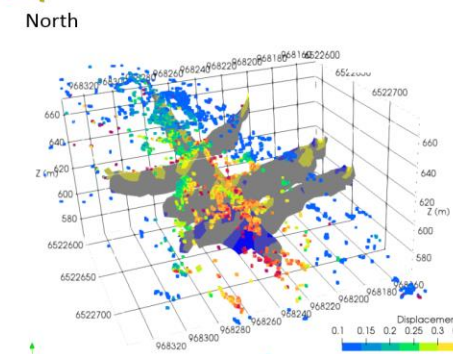
1. Caractérisation des circulations de fluides dans les mouvements de terrain



1. Caractérisation des circulations de fluides dans les mouvements de terrain



- 1 mesure ponctuelle : informations sur la structure
- Plusieurs mesures dans le temps : informations sur la dynamique des écoulements
- N.B. : sensibilité importante de la constante de temps de relaxation aux variations de saturation. Importance de la prise en compte de la courbe de décharge lors des mesures IP !



Carrier et al. 2023 Landslides

PROBLEMATIQUE ET SOLUTIONS ENVISAGEES

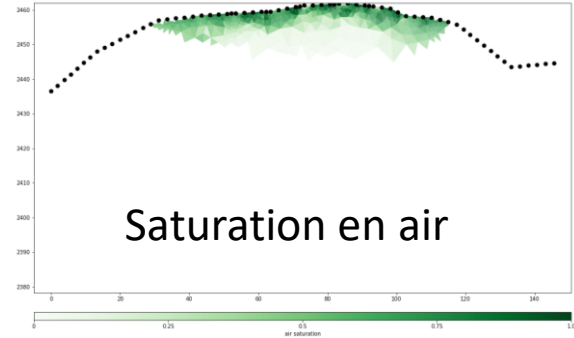
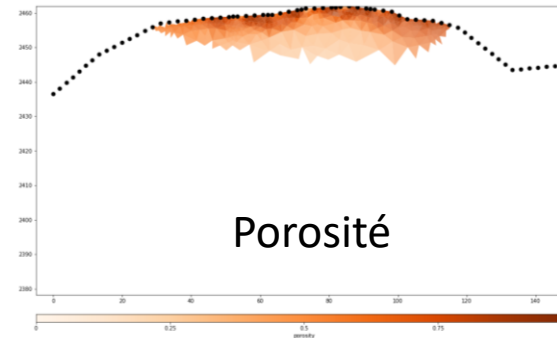
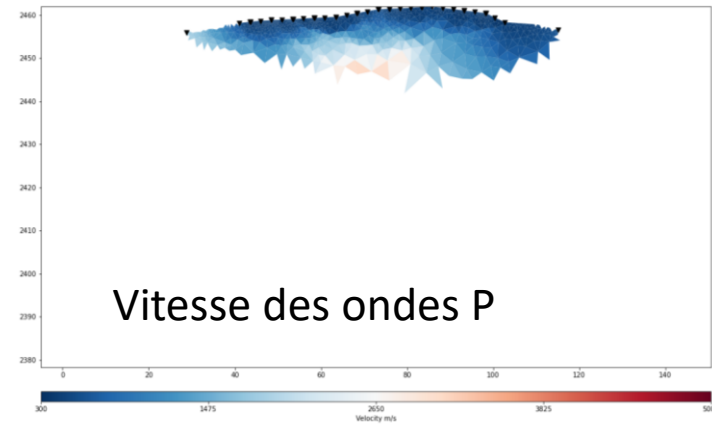
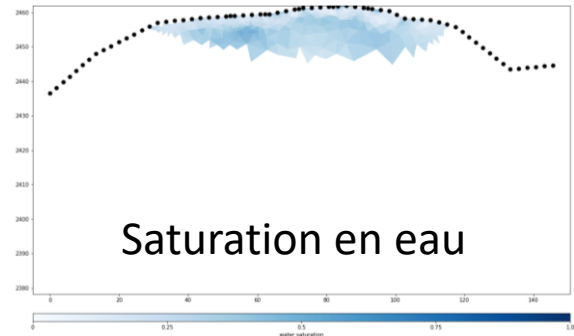
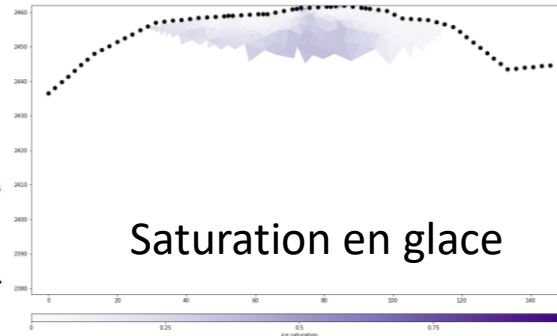
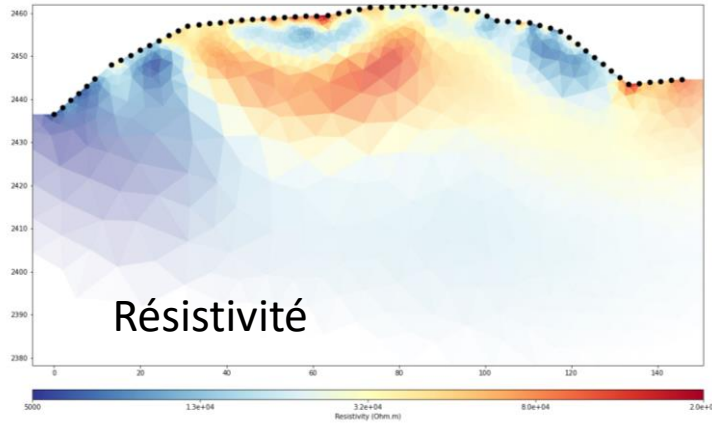
- Quelle vitesse de fonte, quel apport d'eau, quel **impact sur la stabilité** des infrastructures ????
- **Identification de la glace** : le plus souvent par méthodes électriques (facilité de mise en œuvre et contrastes de résistivités importants)
- **Problèmes** :
 - glace vs air ??
 - Contrastes de résistivités très très forts : volumes de glace ? Interfaces ?



Laurichard

Reprise des données du projet MAIF 2007-2010

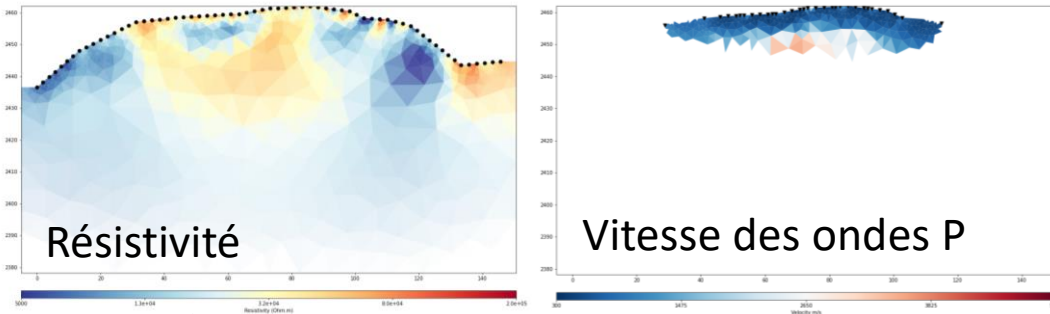
2007



INVERSION JOINTE + MODELE PETROPHYSIQUE



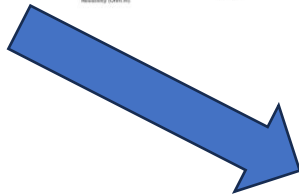
2. Identification et caractérisation du permafrost de montagne



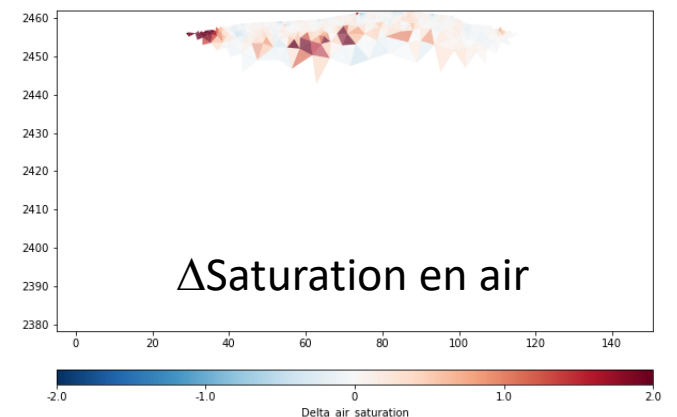
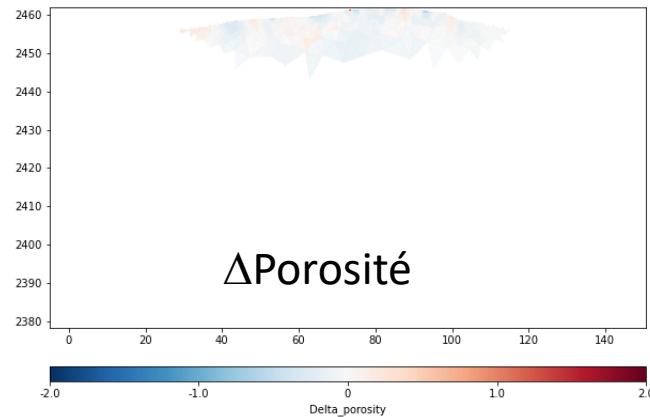
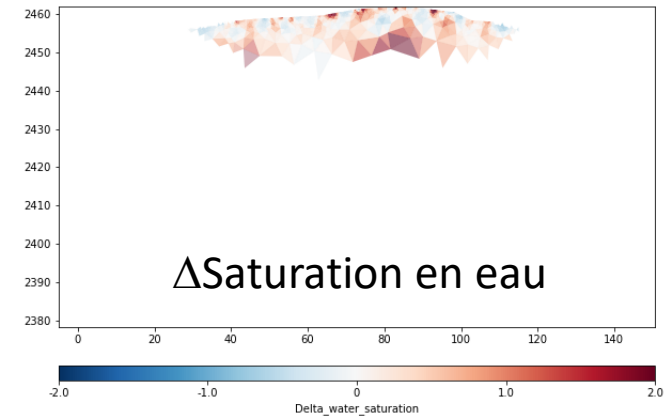
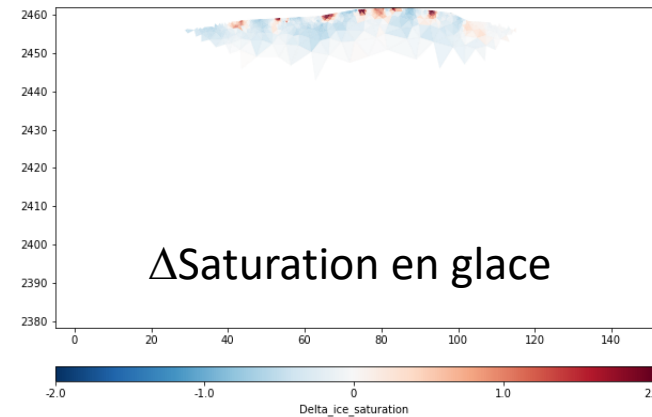
Laurichard

Reprise des données du projet MAIF 2007-2010

2009



**INVERSION JOINTE
+ MODELE
PETROPHYSIQUE
+ SUIVI TEMPOREL**



PROBLEMATIQUE ET APPORTS

- Caractérisation des **propriétés mécaniques** des matériaux (ex. porosité, degré d'endommagement, teneur en argiles ...)
- **Lien** entre propriétés mécaniques, paramètres géotechniques et **variables géophysiques**
- Caractérisation de la **nature et teneur en argiles** versus eau



CONTEXTE DE L'ÉTUDE

- Ancienne carrière de calcaire,
- Etat de la carrière = sain, cependant observation de désordres => surveillance des dégradations, travaux de mise en sécurité associés
- **ENJEU** : sécurité des usagers

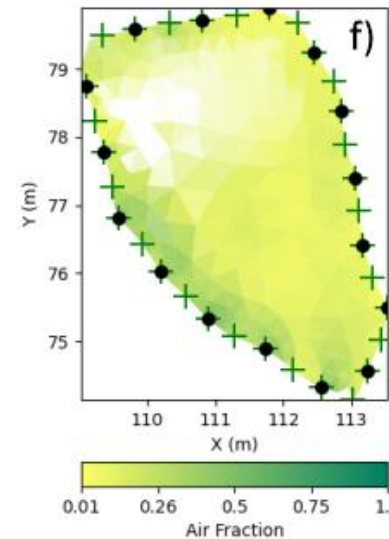
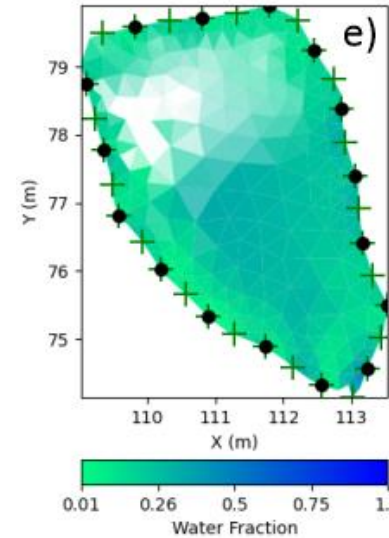
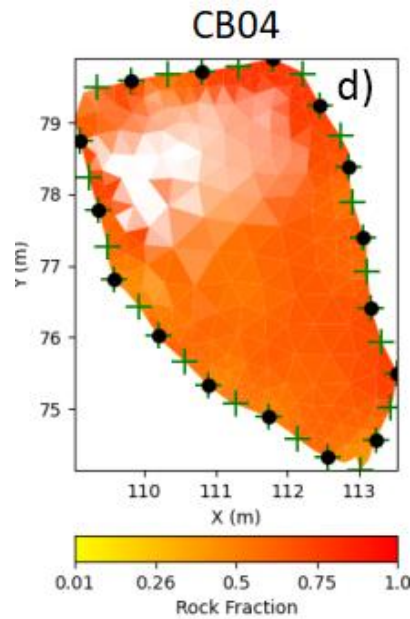
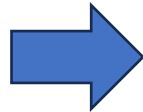
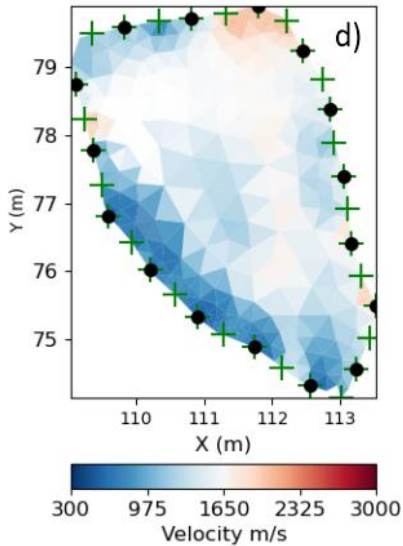
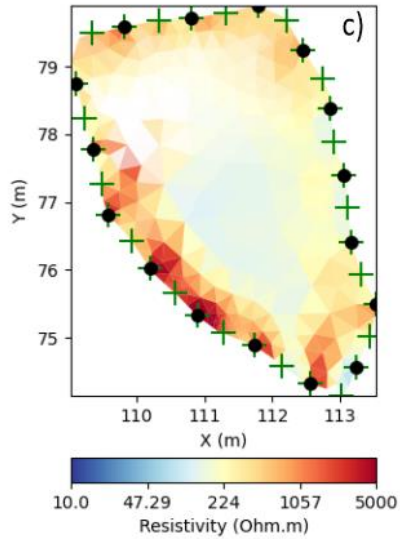


GEOLOGIE

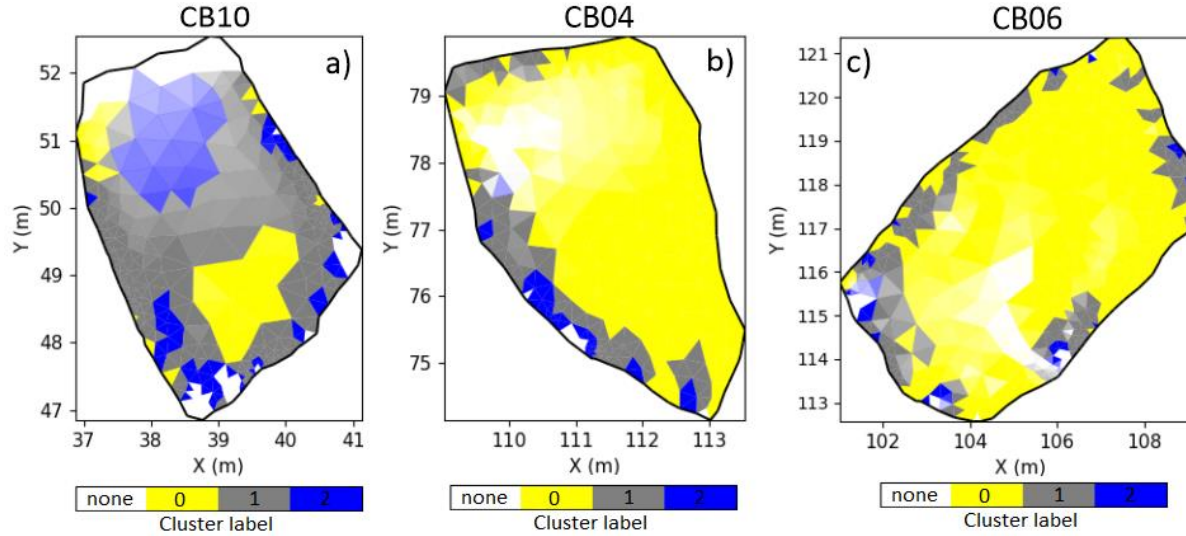
- Calcaires
- Circulations d'eau, nappes, réseaux karstiques, dissolution active de la roche



Petrophysical Joint Inversion (P-JIv)

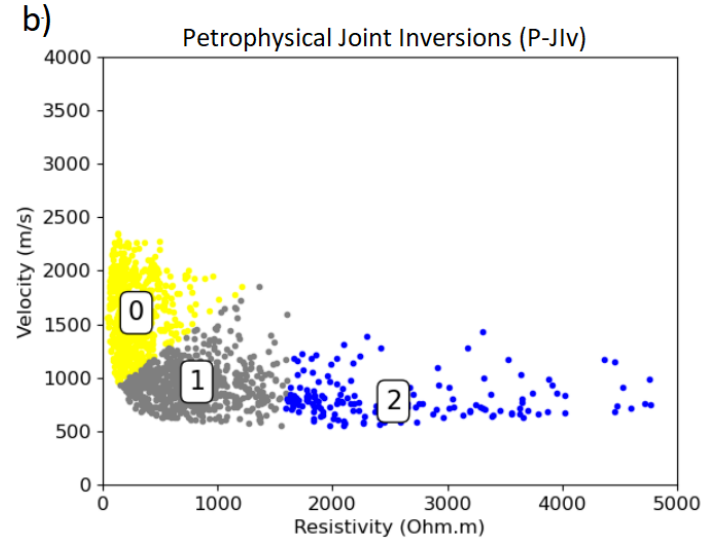


Carrier et al. 2022



RESULTATS DES INVERSIONS

- 3 groupes selon degré endommagement
- **Aide au phasage des travaux**
- **Ajuster les degrés de confortement**



Carrier et al. 2022



- **Mouvements de terrain** : rôle des zones imperméables sur la stabilité des glissements de terrain => vers de la modélisation (collaboration INSA Lyon)
- **Permafrost** : vers des méthodes de caractérisation moins coûteuses
- **Permafrost** : homogénéisation des bonnes pratiques en géophysique pour la caractérisation du permafrost (projet COST en cours de dépôt)
- Relations entre variables géophysiques et **paramètres géotechniques** ?
- Inversion jointe : inclure des **lois pétrophysiques** plus générales et applicables à une plus grande variété d'objets géologiques
- Applications : **Retrait Gonflement des Argiles**



MERCI

Carrier, A., Bottelin, P., Fabre, L., & Mathy, A. (2022). Damage assessment of supporting pillars in an underground cave using joint inversion of electrical resistivity and P-wave velocity, Burgundy (France). *Pure and Applied Geophysics*, 179(1), 45-67.

Carrier, A., Méric, O., Bottelin, P., (accepted 2023). Characterizing landslide dynamics from time-lapse time domain induced polarization and ground based imaging, case study of the MontGombert landslide (French, Alps). *Landslides accepted for publication*

